

## LSDTS 시스템의 차폐구조물 민감도 평가

노경용, 박창제, 이용덕, 이정원, 박근일  
 한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045  
[kv-noh@kaeri.re.kr](mailto:kv-noh@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

민감 핵물질의 핵종별 분석을 위한 LSDTS 시스템은  $^{235}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Pu}$  등과 같은 특정 핵물질을 해석하기 위하여 디자인 되었다. 그러나 이 시스템은 중성자 선원으로부터 높은 세기의 중성자를 방출한다. 일반적으로  $1 \times 10^{12}$  neutrons/s 이다. 본 연구에서의 차폐 평가는 단순화된 모델로 중성자의 차폐를 실시하였으며, 이에 대해 MCNPX 코드를 이용한 몬테칼로 계산을 통해 출입문 쪽의 보강과 벽의 홀 등 다양한 차폐 평가를 수행하였다. 아울러 최적화를 위한 두께 및 크기를 제시하였다.

### 2. 본론

중성자 차폐 평가를 위하여 콘크리트 문두께, 보강, 벽면의 홀 크기를 고려하였다. 문은 출입을 위하여 여닫이 식으로 가능한 한 무게를 줄이는 것이 좋다. 그래서 보강의 재질을 콘크리트보다 더 우수한 HDPE + Borax를 사용하였다. 그리고 벽면에 전선들과 환기를 위한 홀들의 위치 및 크기에 대한 차폐를 평가하였다. Fig. 1은 보강의 위치 및 모양을 나타내주는 모델이다. 그리고 Fig. 2는 홀의 위치를 나타내준다.

모든 실험은 실험실외부에서의 표준 안전선량을 유지하기위하여 실행하였다.

#### 2.1 보강크기 별 차폐 평가

문의 두께 및 무게를 줄이기 위하여 보강이 클수록 좋겠지만 최적의 효율을 얻기 위해서는 효율이 가장 좋은 크기를 알아야한다. 그래서 가로 30, 50, 70, 90 cm, 세로 20, 30, 40, 50 cm 의 다양한 크기로 평가를 수행하였다. Fig. 2에서 볼 수 있듯이 보강의 세로 두께별 선량의 차이는 극히 적었으며, 가로 길이 별 선량의 차이가 매우 크다는 것을 알 수 있다. 가로가 30 cm 인 경우는 세로 길이에 상관없이  $3.92 \times 10^{-12}$  mSv/h 정도의 선량이 측정 되었으며, 가로가 20 cm 길어질수록 0.75, 0.6, 0.4 mSv/h 정도의 선량이 감소하여  $2.15 \times 10^{-12}$  mSv/h 까지 줄어드는

것을 알 수 있다.

#### 2.2 문 두께별 방사선량

실험실 안의 장비를 구축하고 실험을 위한 사람이 통하는 문은 중성자 차폐에 가장 중요한 요소 중의 하나이다. 그러나 움직이는 문의 두께는 효율성을 위하여 가능한 한 얇게 해야 하기 때문에 콘크리트 문 외부에 HDPE+Borax를 추가하였다.

그리고 Fig. 3에서 볼 수 있듯이 최적화를 위하여 문의 두께를 40, 50 cm로 하고 문 외부에 HDPE+Borax를 1 cm 간격으로 추가하여 그 방사선량을 측정하였다. 그 결과 초기 콘크리트의 두께에 따라 기울기의 차이가 컸다.

#### 2.3 벽면의 홀 크기별 방사선량

벽면에는 수많은 배선과 환기 등을 위하여 여러 크기의 홀들이 있다. 이 홀들이 방사선의 누출에 얼마나 영향을 주는지 평가하기위하여 Fig. 4에서 볼 수 있듯이 다양한 크기의 홀들을 기준으로 내부, 외부 및 중간에서의 방사선량을 측정하였다. 또한 벽면의 다양한 위치에서 방사선량을 측정한 결과 거리가 멀수록 낮은 선량을 나타내었고 홀이 있는 벽면과 선원에서의 각도가 작을수록 더 낮은 선량이 나타나는 것을 알 수 있었다.

### 3. 결론

초기선원에서 중성자가  $1 \times 10^{12}$ 개가 나온다는 가정하에 방사선량을 계산하였다. 일반인의 안전 선량 기준치인  $1 \times 10^{-4}$  mSv/h 이하에 적합한 콘크리트 문의 두께 및 HDPE+Borax의 두께는 50 cm의 콘크리트에 2 cm 이상의 HDPE+Borax가 필요하다는 것을 알 수 있었다. 또한 콘크리트의 두께를 반드시 40 cm로 하여야할 경우에는 HDPE+Borax의 두께를 4 cm 이상해야하며 이때는 선량 감소 기울기가 작기 때문에 수정시 HDPE+Borax의 두께만으로는 선량감소에 한계가 있다는 것을 알 수 있었다. 이때 보강의 크기는 가로 70 cm가 되어야하며 세로는

20 cm 이상인 경우 더 크게 해도 별 효과가 없다는 것을 알 수 있었다. 또한 방사선의 누출이 가장 클 것으로 예상되는 벽면의 홀은 선원에서부터 가능한 한 먼 곳을 사용해야하며 일반적으로 3, 10, 20 cm의 직경을 갖는 경우 Fig. 3 과 같이 방사선량이 10 배정도의 증가폭을 가지므로 가능한 한 작게 해야하며 추가적인 차폐설계를 해야만 한다는 것을 알 수 있었다.

4. 참고문헌

[1] Y. D. Lee, N. M. Abdurrahman, R. C. Block, D.R. Harris, and R.E. Slovacek, "Design of a Spent-Fuel Assay Device Using a Lead Spectrometer," Nucl. Sci. Eng., 131, 45 (1999).

[2] D. Rochman, R. C. Haight, J. M. O'Donnel, A. Michaudon, S.A. Wender, D. J. Vieira, E. M. Bond, T. A. Bredeweg, A. Kronenberg, J. B. Wilhelmy, T. Ethvignot, T. Granier, M. Petit, and Y. Danon, "Characteristics of a Lead Slowing-Down Spectrometer Coupled to the LANSCE Accelerator," Nuclear Instruments and Methods in Physical Research A, 550, 397 (2005).

[3] H. Krininger, E. Ruppert, and H. Siefkes, "Operational Experience With the Automatic Lead-Spectrometer Facility for Nuclear Safeguards," Nucl. Instr. Methods, 117, 61 (1974).

[4] N. Baltateanu, M. Jurba, V. Calian, G. Stoenescu, "Optimal Fast Neutron Sources Using Linear Electron Accelerators," Proceedings of EPAC 2000, pp.2591-2593, Vienna, Austria (2000).

[5] D.B. Pelowitz, MCNPX User's Manual, LA-CP-05-0369, Los Alamos National Laboratory, 2005.

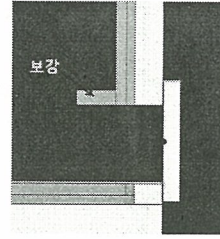


Fig. 1. Configuration of point of detectors for neutron shielding problem.

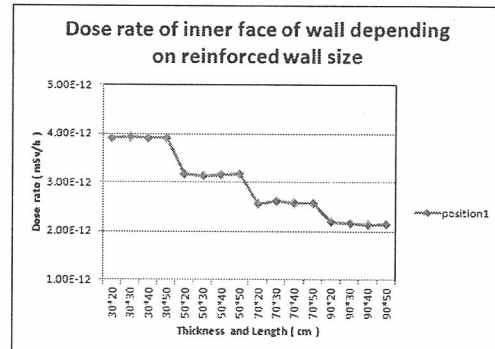


Fig. 2. Compare dose rate depending on thickness and length.

HDPE+Borax Thickness (cm)	Concrete 40cm	Concrete 50cm
0	1.43E-14	5.31E-15
1	8.40E-16	2.25E-16
2	2.10E-16	3.19E-17
3	1.10E-16	7.49E-18
4	7.91E-17	4.40E-18
5	4.99E-17	2.27E-18
6	2.73E-17	1.20E-18
7	2.00E-17	
8	1.21E-17	
9	9.16E-18	
10	3.32E-17	

Fig. 3. Dose rate depending on HDPE+Borax thickness.

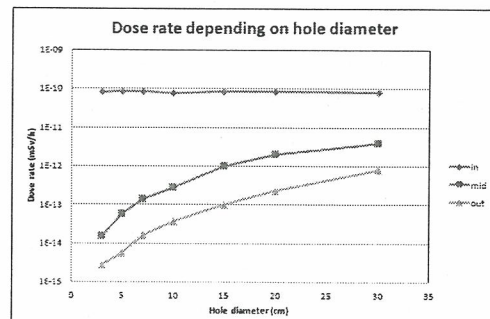


Fig. 4. Dose rate depending on hole diameter.